

ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR SITUACIONES CONVECTIVAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004)

Maria José ESTRELA, J.Javier MIRÓ y Millán MILLÁN
Fundación CEAM
Generalitat Valenciana

RESUMEN

Recientemente, algunos trabajos comienzan a hacerse eco de las variaciones en el comportamiento y tendencia de la precipitación, dependiendo del tipo sinóptico que la ha producido. Esta metodología novedosa se ha aplicado en el análisis de las precipitaciones en la Comunidad Valenciana. En esta región se han definido tres tipos sinópticos básicos que provocan precipitaciones: 1) las precipitaciones convectivas, 2) las de tipo frontal, y 3) las advecciones mediterráneas (Levantes) o de Frente de Retroceso. El objetivo de este trabajo es el análisis territorializado de la tendencia de la precipitación en la Comunidad Valenciana para las situaciones de tipo convectivo, de carácter primaveral-estival y con un origen ligado a la formación de la baja térmica. Para las precipitaciones convectivas, los resultados del análisis de tendencias para el período 1959-2004, muestran una tendencia general al descenso de este tipo de situaciones así como de la precipitación, aunque los valores estadísticamente más significativos se localizan en el interior de la Comunidad en el primer semestre del año.

Palabras clave: Precipitación, tendencias, situaciones convectivas, análisis territorial.

ABSTRACT

In recent works it has been analysed the variations on the precipitation trends related to the synoptical situation that provoke them. This new methodology has been used in the analysis of the precipitations in the Valencia region. Three synoptic patterns that generate rainfall in this area have been identified: (1) convective precipitation, (2) frontal precipitation and (3) precipitation from Mediterranean advections (Levantes), i.e., backdoor fronts. In the present paper we analyse the convective precipitation type, which shows a marked spring/summer character and originates in connection with the formation of the thermal low. With respect to convective precipitation, our trend analysis for the 1959-2004 period shows a generalised decreasing trend both in this type of synoptic situation and in the associated rainfall, although the most significant statistical values are located in the interior of the region and in the first half of the year.

Key words: Trends, convective precipitation, territorialized study.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del contexto del debate sobre el Cambio Climático diversos estudios en el ámbito europeo señalan para el Sur de Europa una tendencia negativa en la

precipitación (HOUGHTON *et al*, 1996, 2001; SCHÖNWIESE y RAPP, 1997). Mucho más escasos son los estudios que analizan la tendencia de la precipitación en el sector mediterráneo peninsular (SALES MARTÍNEZ *et al*, 1982; RASO NADAL, 1996; MONTÓN y QUEREDA, 1997; MARTÍN-VIDE, 1987; DE LUIS ARRILLAGA, 2000; ALMARZA, 2002; CHAZARRA Y ALMARZA, 2002). Recientemente, algunos trabajos (MILLÁN *et al*, 2005 a y b; ESTRELA *et al*, 2004) comienzan a hacerse eco de las variaciones en el comportamiento y tendencia de la precipitación, dependiendo del tipo sinóptico que la ha producido. Esta metodología novedosa se ha aplicado en el análisis de las precipitaciones en la Comunidad Valenciana. Tres son los tipos sinópticos básicos que inducen precipitaciones en este territorio de la vertiente mediterránea peninsular: las situaciones convectivas, las de tipo frontal (advecciones atlánticas), y las de Frente de Retroceso (advecciones mediterráneas o “levantes”).

Los resultados de los estudios (MILLÁN *et al*, 2005 a y b) realizados ponen en evidencia la presencia de diferencias importantes no solo entre los distintos tipos sinópticos sino también derivadas de la ubicación, ya sea interior o litoral. De hecho, los resultados de estos trabajos permiten confirmar una tendencia al descenso de la precipitación total en el interior de la Comunidad Valenciana y un mantenimiento en las estaciones del litoral. Además, la responsabilidad de esta disminución en el interior recae en primer lugar en las precipitaciones por ‘frente atlántico’ y en segundo lugar, en las ‘convectivas’. Por el contrario, en el litoral, una más leve disminución de estos dos inputs se compensa por un aumento de las precipitaciones originadas por situaciones de ‘frente de retroceso’, mientras que en el interior no se produce variación de este input. Junto a esto, una conclusión de gran interés es la tendencia a la descompensación en el conjunto de la Comunidad, de la relación de las precipitaciones diarias moderadas (entre 10 y 30mm) y las torrenciales (más de 125mm), a favor de estas últimas y con una disminución de las moderadas.

El objetivo del presente trabajo es ampliar y a la vez validar estos resultados referentes a la tendencia de la precipitación según el tipo sinóptico que la origina, por medio de un análisis territorializado por áreas de la Comunidad Valenciana. Los resultados obtenidos han sido validados con el test de Mann-Kendall, apoyado con la estimación ‘Sen’ de valor de aumento o disminución calculada decadalmente. Para el estudio regionalizado se ha dividido la Comunidad en 7 áreas que responden a criterios climático-geográficos, y se han utilizado sólo estaciones homogéneas con cobertura en todo el periodo de análisis (1959-2004). Un análisis similar se ha llevado a cabo para las precipitaciones correspondientes a los otros dos tipos sinópticos, es decir, las de procedencia frontal y las de frente de retroceso.

2. METODOLOGÍA

Se ha trabajado con la red de estaciones analógicas del Instituto Nacional de Meteorología para el período 1959-2004. Para este análisis territorial se ha optado por iniciar el estudio en 1959 porque es a partir de esta fecha desde la cual se dispone de una cantidad mínima de estaciones en pleno funcionamiento hasta la actualidad. En algunos casos también se han incluido estaciones que cumplen estos mismos requisitos, cercanas pero localizadas fuera de los límites administrativos de la Comunidad Valenciana (figura 1). Por tanto, se ha trabajado con las estaciones que muestran una cobertura superior al 97% de registro temporal en todo el periodo, con datos en la

totalidad de años. No obstante, hay dos zonas con escasa cobertura, el tercio Norte de Castellón y el interior Sur de la Comunidad; para esta zona se ha tenido incluso que reducir el período de análisis, iniciando la serie en 1961 a fin de aumentar el número de estaciones con registros completos.

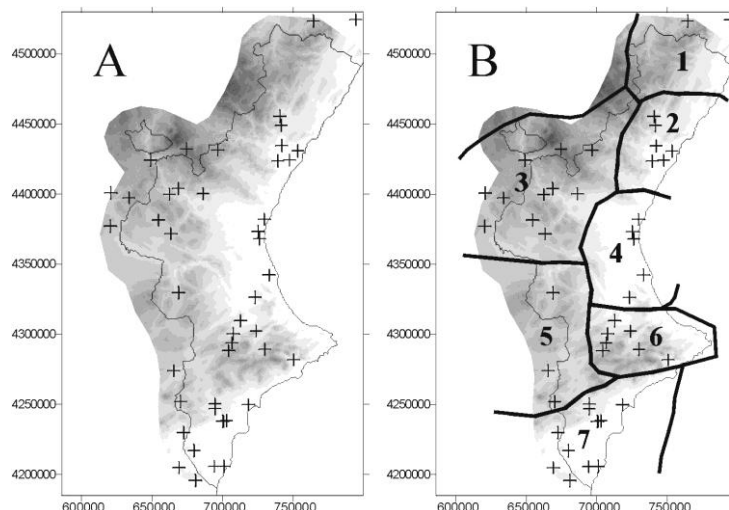


Fig 1: Estaciones utilizadas (A) y territorialización empleada (B).

Se ha trabajado con siete áreas que responden a comportamientos climáticos homogéneos. Para cada zona se han calculado los valores anuales representativos, es decir, los valores promedio del conjunto de estaciones disponibles. Los datos diarios de precipitación se han cruzado con los provenientes del análisis sinóptico (MILLÁN *et al*, 2005), conformándose una base de datos de precipitación diaria asociada a cada tipo sinóptico.

Por su parte, el análisis de tendencias se ha realizado sobre datos anuales de varias variables relacionadas con la precipitación causada por la específica situación sinóptica analizada en cada caso, tales como: a) precipitación total anual, b) precipitación media caída en los días con precipitación, c) pico máximo anual de precipitación en un día, d) número de días en el año en el que se registró precipitación, e) total anual de precipitación en el primer semestre del año, y total anual en el segundo semestre. A todas estas series se les ha aplicado el test no paramétrico de Mann-Kendall en su versión monotónica anual. Este test se ha complementado además con la estimación 'Sen' de un valor de cambio calculado por década (valor de ascenso o descenso estimado por década), con sus intervalos de confianza al 99% y al 95% de significación. Para estos cálculos se ha utilizado la macro 'Makesens', desarrollada por el *Finnish Meteorological Institute* (SALMI *et al*, 2002).

Los resultados para cada una de las zonas se resumen en una serie de figuras en las que se incluye, en primer lugar, tres gráficos con los totales anuales de precipitación (anual, primer semestre y segundo semestre). En segundo lugar, los valores correspondientes a los promedios de precipitación anual para cada uno de los dos subperiodos y para cada semestre. Y en tercer lugar se incluye una tabla que resume los resultados del análisis de tendencia del test de Mann-Kendall y estimación 'Sen' de todas las variables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona 1 (figura 2: Norte de Castellón), se aprecia un descenso de precipitación entre la media del periodo 1961-1981 y la del periodo 1982-2004 del 14%, pero en mayor medida concentrado en el primer semestre, con un descenso del 26%, tendencia que también se repite en el resto de zonas. Por el contrario, se observan pocos cambios en el segundo semestre. Por tanto, son las tormentas primaverales las que han acusado cierta disminución.

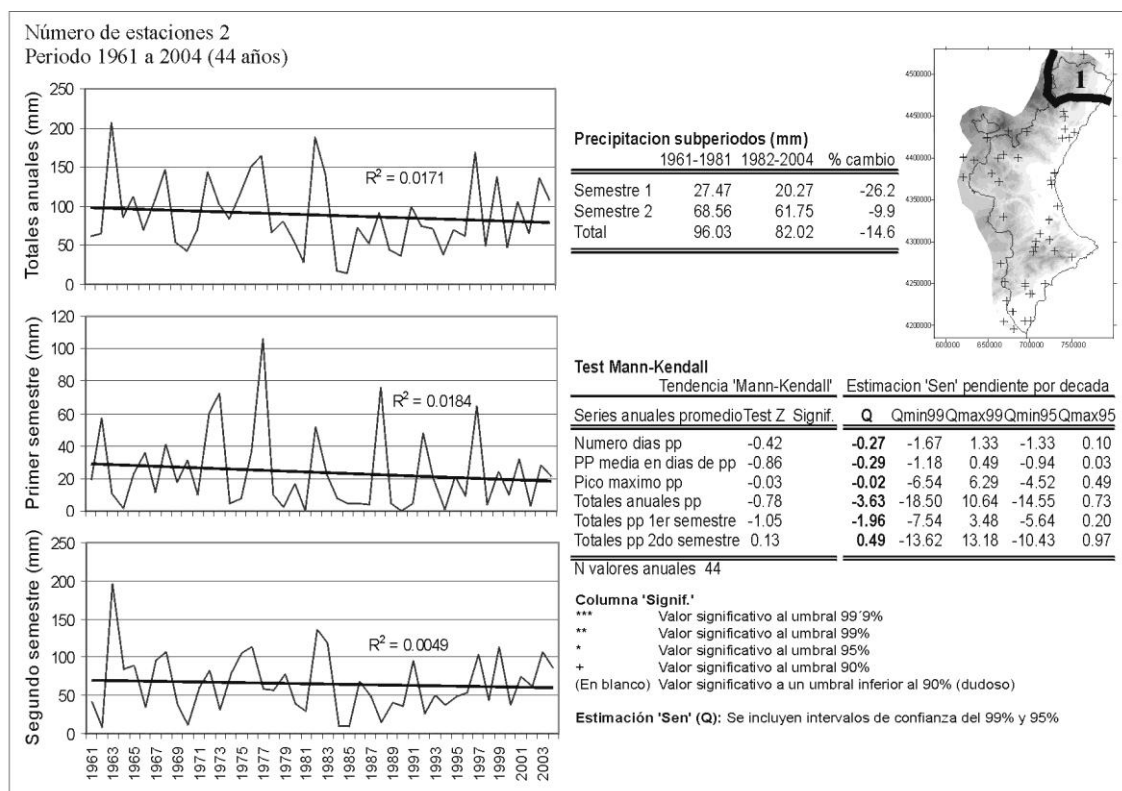


Fig. 2: Resultados para la Zona 1 (Norte de Castellón).

Si analizamos las líneas de tendencia correspondientes a los gráficos totales anuales y del primer semestre (regresiones lineales simples), se aprecia también una tendencia al descenso, aunque leve. Aunque el test de Mann-Kendall también arroja valores moderadamente negativos, al menos en el primer semestre, estos no alcanzan a tener una significación que supere el 90%; por tanto, no se pueden extraer conclusiones con relación a la existencia de una tendencia real más allá de las oscilaciones propias de los ciclos naturales. No obstante, sí se confirma una diferencia en el comportamiento de la tendencia entre el primer y segundo semestre. La pendiente estimada por década (estimación 'Sen') también tiende a valores moderadamente negativos, aunque los intervalos de confianza plantean dudas en la tendencia.

En la zona 2 (figura 3: litoral-prelitoral de Castellón), también se observa un descenso en la precipitación del primer semestre de hasta el 42% en la media de precipitación de 1982 a 2004, con respecto a la que había en el periodo 1959 a 1981. Por tanto, el

descenso sólo se aprecia en las tormentas primaverales (bien marcado en la línea de tendencia del gráfico correspondiente al primer semestre). Los valores para el segundo semestre, e incluso los totales anuales, no parecen tener ninguna tendencia bien definida, a pesar de que entre el periodo 1959-1981 y 1982-2004 se aprecie un descenso del 13% entre las medias de ambos periodos de los totales anuales. Por su parte, el test de Mann-Kendall muestra una leve tendencia a la disminución en el primer semestre, y por contra, al aumento en el segundo semestre, aunque en ninguno de los dos casos tenemos una significación que alcance al menos el 90%, por lo que no se pueden extraer conclusiones en cuanto a que las tendencias observadas no puedan estar relacionadas exclusivamente con oscilaciones de orden natural. Esto mismo se desprende del análisis de la estimación 'Sen' de cambio por década.

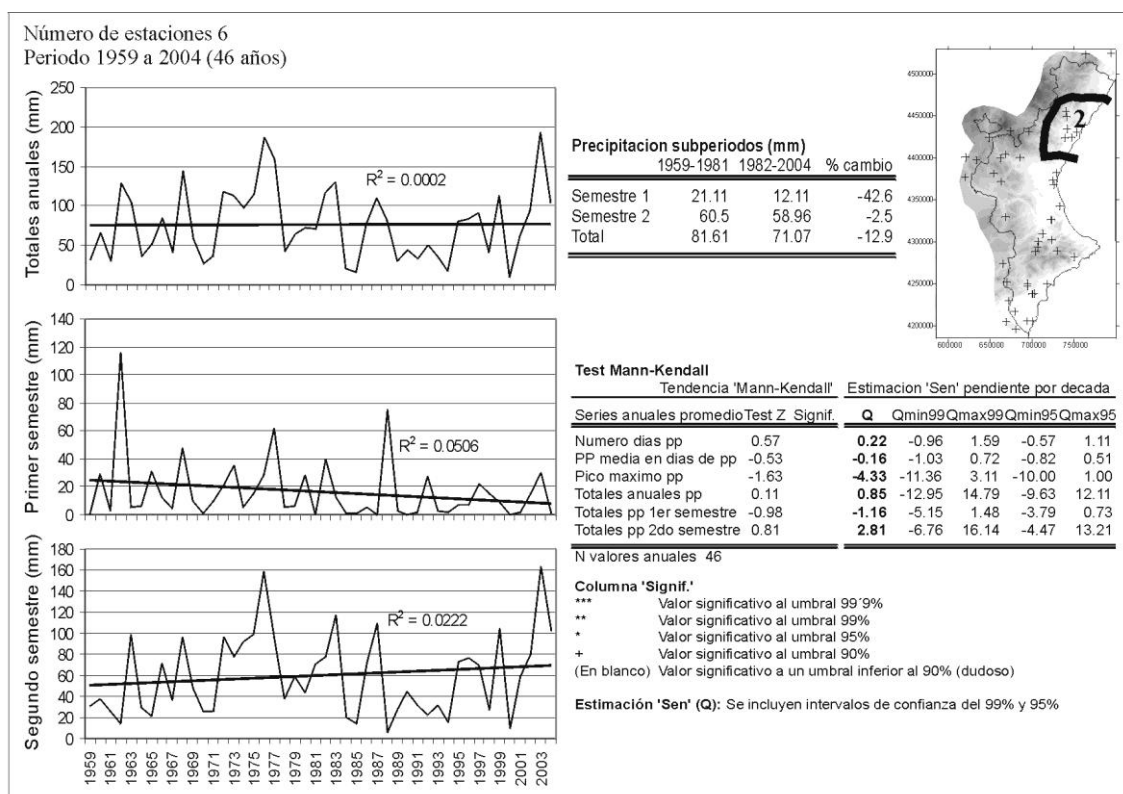


Fig. 3: Resultados para la zona 2 (litoral-prelitoral de Castellón).

Al igual que se ha señalado para la zona anterior, en esta también se destaca la tendencia a disminuir la precipitación en el primer semestre (tormentas primaverales), así como el descenso de los picos máximos anuales de precipitación diaria, más suave en la precipitación media en los días con lluvia. No obstante, también se trata de valores que quedan por debajo del 90% de significación.

En la zona 3 (figura 4 Interior Norte) aparece un comportamiento algo más compensado entre ambos semestres al comparar la precipitación media de los periodos 1959-1981 y 1982-2004, aunque sigue observándose una ligera mayor tendencia a la disminución en el primer semestre, como se observa en la regresión lineal simple del gráfico correspondiente al primer semestre y en los resultados del test de Mann-Kendall. Con todo, se trata de tendencias muy moderadas y sin una significación suficiente en el test

de Mann-Kendall. En esta zona cabe destacar para la precipitación media en los días de lluvia con situaciones convectivas, una tendencia moderada al descenso con una significación bastante buena, igual o superior al 95%. De hecho, este elevado nivel de significación ya no aparece en el resto de áreas del Norte de la Comunidad aunque si en áreas del interior. De la estimación 'Sen' se obtiene un valor medio de descenso por cada década de 0.6mm en la media de los días de precipitación para estas situaciones. Estos resultados confirman la tendencia a la disminución de la precipitación en las tormentas diarias, lo cual repercute en la tendencia observada a la disminución de los totales anuales (que a su vez muestran tendencia negativa, aunque ya no arroje una significación aceptable). A esto hay que añadir, que la cantidad de días de lluvia con estas situaciones no varía, pero tendiendo la irregularidad reflejada por el pico máximo de precipitación a un ligero ascenso. En resumen, persiste la tendencia de fondo al descenso, aunque más clara para el primer semestre.

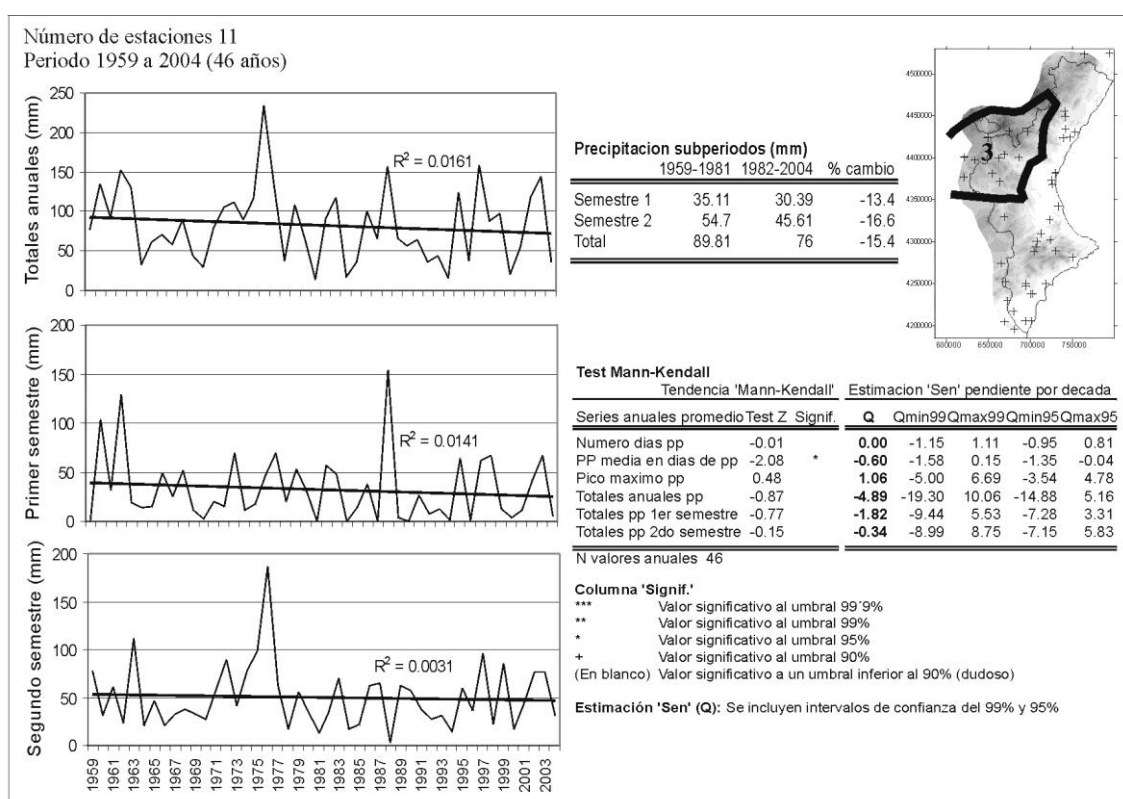


Fig. 4: Resultados para la zona 3 (interior Norte).

Tal como se aprecia en los gráficos de la figura 5, en la zona 4 (Golfo de Valencia) se observa una tendencia ligeramente positiva al aumento de la precipitación, más clara en el segundo semestre del año. No obstante, y a pesar de que no son confiables los resultados del test de Mann-Kendall, se mantiene la dicotomía entre el primer semestre (con tendencia a un cierto descenso), y el segundo (ascenso). Los datos también muestran diferencias entre el comportamiento del litoral-prelitoral y el interior, donde la tendencia al descenso es más clara. Los resultados de la comparación entre el periodo 1959-1981 y 1982-2004, junto a los del test de Mann-Kendall y estimación 'Sen', señalan una tendencia moderada al aumento en el segundo semestre (22%), y una ligera tendencia a la disminución en el primer semestre (16%). De hecho, el balance anual incluso muestra una ligera tendencia al aumento. No obstante, con los datos obtenidos

del test de Mann-Kendall y la estimación 'Sen' no es posible descartar una causa exclusivamente debida a ciclos naturales. Por otro lado, no se observan prácticamente variaciones en el número de días con precipitación por situaciones convectivas, ni en la precipitación media caída en esos días, aunque el pico máximo (irregularidad) sí asciende algo.

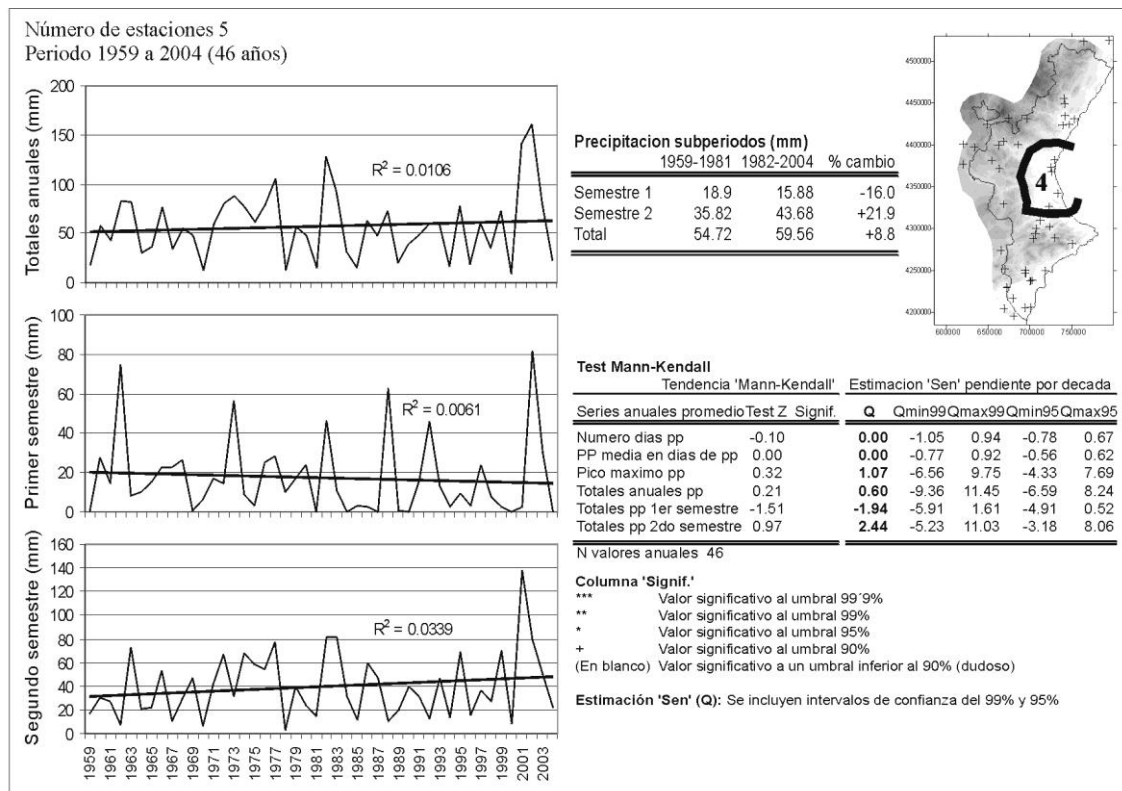


Fig. 5: Resultados para la zona 4 (Golfo de Valencia).

En la zona 5 (figura 6: Interior Sur) las tendencias al descenso son mucho más claras y menos dudosas, y además, manteniéndose la dicotomía entre primer y segundo semestre. Mientras que en el segundo semestre la tendencia es confusa y poco definida (a pesar de que entre la media de 1961-1981 y la de 1982-2004 se desciende un 18%), para el primer semestre la tendencia al descenso es clara y moderada en todos los casos. La media de 1982-2004 desciende un 16% con respecto a la de 1961-1981, pero el resultado en el test de Mann-Kendall es moderadamente negativo con un valor de confianza aceptable (superior al 90%). La estimación 'Sen' refleja una tendencia al descenso de 3mm por década también para el primer semestre, y en el gráfico de la Figura 6 se muestra una estructura más clara hacia el descenso en el primer semestre, a pesar de la existencia de un pico elevado, que es el responsable de que el reflejo de esta tendencia sea menor en la comparación entre las medias de 1961-1981 y 1982-2004. En el resultado anual también parece que pesa más la tendencia al descenso. Sin embargo, el dato que permite confirmar con seguridad la tendencia a la baja, es el claro descenso de la precipitación media en los días con lluvia con este tipo sinóptico. Un descenso de 2.1 mm por década en la media diaria de lluvia en esos días es un descenso importante, y la confianza que arroja el test de Mann Kendall en este caso es excelente (significación del 99.9%). El pico máximo de precipitación también desciende, aunque más moderadamente (y significación del 95%). Por el contrario, cabe destacar que el

número de días tiende a aumentar entre débil y moderadamente, con una significación del resultado del test aún aceptable (90%). Parece así que las tormentas de primavera e inicios del verano alcanzan con mayor dificultad un estado de madurez suficiente para originar una tormenta, quedando en una serie de lluvias débiles o muy débiles.

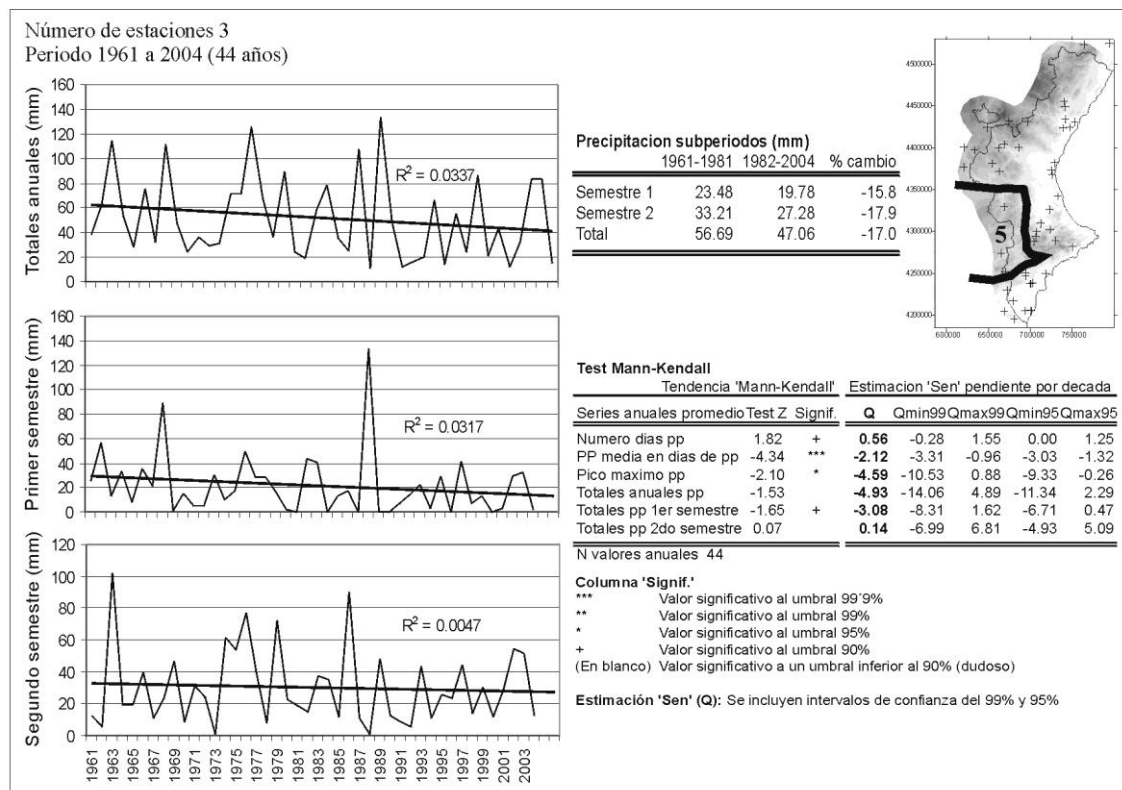


Fig. 6: Resultados para la zona 5 (interior Sur).

Los resultados obtenidos para la zona 6 (figura 7: Nordeste y sector montañoso del Norte de Alicante, y extremo Sur de Valencia), muestran una estructura de diferenciación interna similar a los obtenidos para el interior Sur. Si bien, en este caso las tendencias al descenso están más atenuadas en el primer semestre y más marcadas al ascenso en el segundo, lo que da un balance final positivo. Así entre la media del periodo 1959-1981 y la del 1982-2004 se produce un ascenso del 17%, que alcanza el 26% en el segundo semestre. En los gráficos también se observa la tendencia al ascenso moderado en el segundo semestre, en contraposición a un descenso ligero e indefinido en el primer semestre. Sin embargo, en el test de Mann-Kendall, aunque los resultados siguen el mismo patrón observado en los gráficos, no tenemos suficiente grado de confianza por lo que mantenemos la duda de si se trata de una verdadera tendencia, o de simples oscilaciones naturales. Con todo, el patrón de interrelación entre las distintas variables sigue siendo muy similar a otras zonas, sobre todo en lo que respecta a la dicotomía entre primer y segundo semestre. También la tendencia a un muy leve descenso de la precipitación media en los días con lluvia en contraposición a un leve ascenso del número de esos días de precipitación, parece un eco de los resultados que veíamos para el interior Sur, pero teniendo presente que en este caso los resultados ya son dudosos, a diferencia del interior Sur.

ANÁLISIS DE TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN POR SITUACIONES CONVECTIVAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (1959-2004)

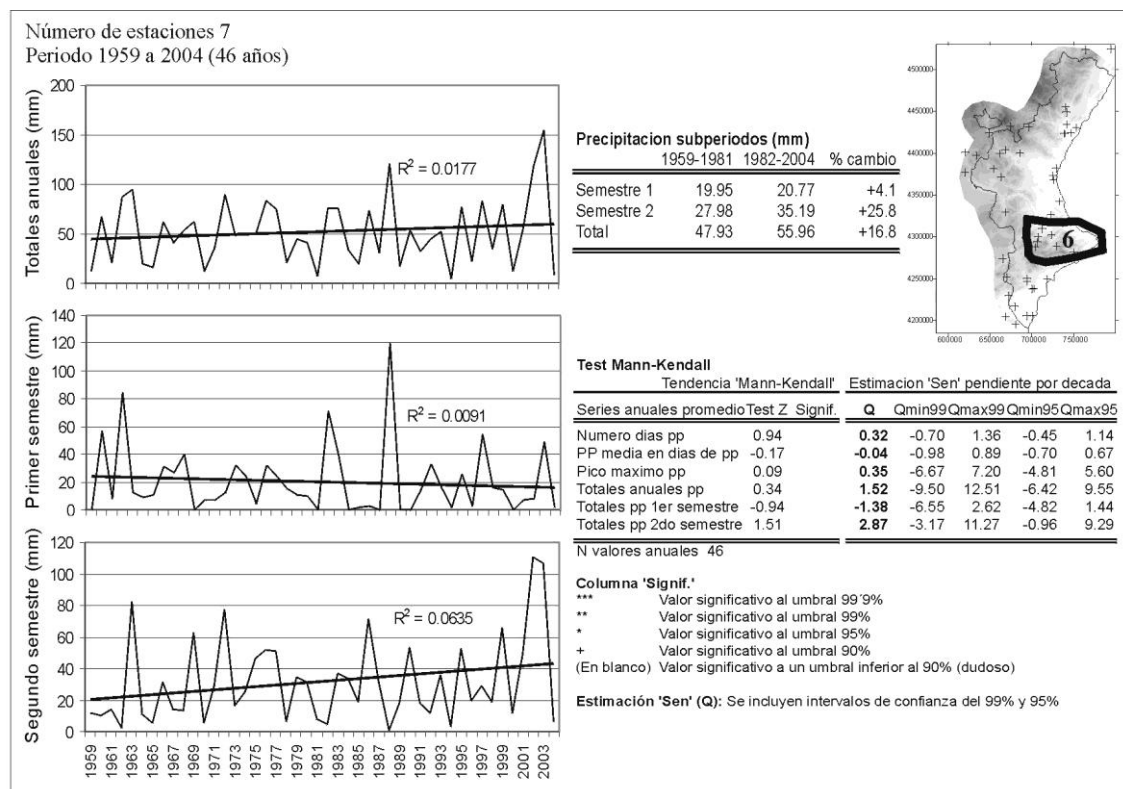


Fig. 7: Resultados para la zona 6 (Nordeste y sector montañoso del Norte de Alicante, y extremo Sur de Valencia).

En la zona 7 (figura 8. Sur de Alicante) también se registra una tendencia general al descenso, similar a la que muestra el interior Sur, si bien con resultados del test de Mann-Kendall con menor grado de confianza (aunque para el primer semestre tiene una significación aceptable). Los gráficos también muestran una tendencia al descenso considerable en el primer semestre, más desdibujada en los totales anuales, y ya nula en los totales del segundo semestre. A pesar de ello, al considerar la división en los dos subperiodos, las diferencias entre la media de 1959-1981 y 1982-2004 son similares en ambos semestres, con cerca de un 30% de descenso, que es una cifra importante, un poco menor en el segundo semestre. Con todo, parece más confiable la tendencia al descenso observada en el primer semestre. En cualquier caso la tendencia de fondo repite la dicotomía observada entre el primer y segundo semestre en todas las zonas, lo que refuerza la idea de que realmente hay una tendencia a la disminución de las precipitaciones convectivas en el primer semestre, mucho más indefinida para el segundo. Destaca también la tendencia al descenso del pico máximo de precipitación en la estimación 'Sen', 4mm por década, aunque los niveles de confianza no son suficientes, ya que sus intervalos oscilan entre valores bastante negativos y valores ligeramente positivos.

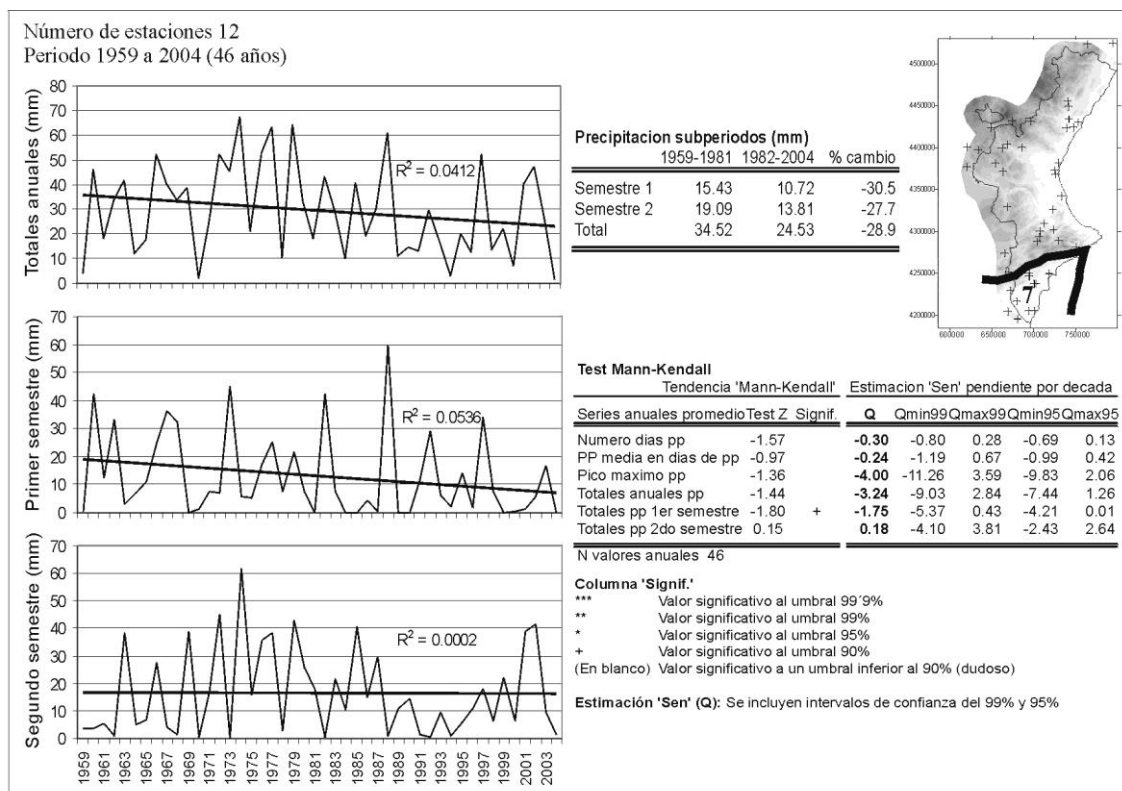


Fig. 8: Resultados para la zona 7 (Sur de Alicante).

4. CONCLUSIONES

Son varios los resultados que interesa destacar del análisis de la precipitación convectiva (tabla 1):

- 1) Existe una clara diferencia en el comportamiento entre las precipitaciones convectivas del primer semestre del año y las del segundo (a pesar de que el test de Mann-Kendall para zonas litorales y montañosas prelitorales no da un elevado grado de confianza).
- 2) Todas las precipitaciones por tormentas convectivas primaverales y de inicios del verano (primer semestre) tienden a disminuir, mientras que las tardosestivales y otoñales (segundo semestre) se mantienen, o incluso se insinúa cierto aumento para los casos del litoral de Castellón, Valencia y el Nordeste de Alicante.
- 3) Las tendencias al descenso son más acusadas hacia el interior (confirmadas en los resultados obtenidos con el test de Mann-Kendall).
- 4) Para la Comunidad Valenciana destaca el área del interior Sur como la zona con tendencia más clara al descenso. A esto se suma un notable descenso de la precipitación media diaria en los días con lluvia, que se contrapone a un ligero ascenso del número de días con alguna lluvia, y todo ello en el contexto de un marcado descenso en el primer semestre del año de la precipitación total.
- 5) Tendencia relativamente clara al descenso en el interior Norte (zona 3) y en el Sur de Alicante (zona 7), para el primer semestre y para las medias diarias de precipitación.

- 6) Tendencias más indefinidas en el resto de áreas, pero en todo caso manteniéndose el patrón de diferencia entre el primer y segundo semestre.
- 7) Estos resultados son acordes a los preliminares en MILLÁN *et al* (2005), aunque en general se detecta falta de confianza en los resultados del test de Mann-Kendall.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Primer semestre	- -	- -	- -	-	- -	=	- - -
Segundo semestre	=	+	-	++	-	++	=
Totales anuales	-	=	- -	+	- -	+	- -
PP media diaria	-	-	- -*	=	- - -*	-	-

- Descenso (- débil, - - moderado, - - - fuerte)

+ Ascenso (+ débil, ++ moderado, +++ fuerte),

* buena confianza

Tabla 1: Resumen de resultados.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ALMARZA, C. (2002). “La estructura de la precipitación como índice de detección de cambio climático”. *Asamblea de Geodesia y Geofísica de Valencia*. 4-8 Febrero 2002. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- CHAZARRA, A.; ALMARZA, C. (2002). Reconstrucción desde 1864 de la serie de precipitación útil de las cuencas del Sureste y Levante. En: GUIJARO, J.A.; GRIMALT, M.; LAITA, M.; ALONSO, S. (Eds.). *El Agua y el Clima*. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), Serie A, nº 3., Madrid, pp. 159-168.
- DE LUIS ARRILLAGA, M. (2002). *Estudio espacial y temporal de las tendencias de lluvia en la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Geoforma Ediciones e Instituto Alicantino de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante. 112 pp.
- ESTRELA, M.J.; MIRÓ, J.J.; PASTOR, F.; MILLÁN, M. (2004). “Precipitaciones por frentes atlánticos en la Comunidad Valenciana: cambios y tendencias en las últimas décadas”. *XXVIII Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española*. 11-13 Febrero 2004. Badajoz.
- HOUGHTON, J.T.; MEIRA FILHO, L.G.; CALLANDER, B.A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (Eds.) (1996). *IPCC Climate Change. The IPCC Second Assessment Report*. Cambridge University Press, New York, 572 pp.
- MARTÍN-VIDE, J. (1987). *Característiques climatologiques de la precipitació en la franja costera mediterrània de la Península Ibérica*. Institut Cartogràfic de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 245 pp.
- MILLÁN, M.; ESTRELA, M.J.; MIRÓ, J.J. (2005). “Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area (Valencia Region)”. *Journal of Climate*, 18 (14), pp. 2682-2705.
- MONTÓN, E.; QUEREDA, J. (1997). *¿Hacia un cambio climático?. La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*. Fundación Davalos-Fletcher, Valencia, 520 p.
- RASO NADAL, J.M. (1996). Variación de las precipitaciones de primavera en el sur de la España peninsular durante el siglo XX. En: MARZOL, M.V.; DORTA, P.

- SALES MARTÍNEZ, V.; JAMBRINO CALVET, T.; JUSTE PÉREZ, J.J. (1982): “Análisis espacial y temporal de la sequía 1978-1981 en España”. *Cuadernos de Geografía*, 30, pp. 13-24.
- SALMI, T.; MÄÄTTÄ, A.; ANTTILA, P.; RUOHO-AIROLA, T.; AMNELL, T. (2002). Makesens for detecting and estimating trends: http://www.fmi.fi/organization/contacts_25.html
- SCHÖNWIESE, C.D.; RAPP, J. (1997). *Climate trend atlas of Europe based on observations 1891-1990*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 224 pp.